

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИСОКОЇ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ

Виконав:

здобувач вищої освіти денної форми
навчання освітнього ступеня «Магістр»,
освітньо-професійної програми
«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» спеціальності 141
«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

_____ **Олександр ГОМЕНЮК**

Керівник: канд. техн. наук, доцент

_____ **Павло ПОТАПСЬКИЙ**

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

Допускається до захисту:

«_____» _____ 2024 р.

Гарант освітньої програми

«Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

спеціальності 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

кандидат технічних наук, доцент _____ **Павло ПОТАПСЬКИЙ**

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	12
1.1 Актуальність застосування поновлюваних джерел енергії	12
1.2 Перспективи розвитку ВДЕ.....	13
1.3 Вибір конфігурації гібридної системи	14
1.4 Огляд гібридних систем та їх принципу роботи.....	16
1.5 Вибір типу автономної системи електропостачання	20
1.6 Висновки до розділу	23
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	24
2.1 Розробка варіантів електропостачання житлового будинку	24
2.2 Системи електропостачання на базі дизельних електричних установок ..	25
2.3 Система електропостачання на базі мікро-ГЕС	31
2.4 Система електропостачання на базі вітроелектричної установки	34
2.5 Система електропостачання на базі фотоелектричної установки.....	38
2.6 Висновки до розділу	44
3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	45
3.1 Аналіз ефективності мікро-ГЕС і дизельної електростанції	45
3.2 Розрахунок акумуляторних батарей автономної системи електро- постачання.....	46
3.3 Розрахунок сонячних панелей	51
3.4 Розрахунок вітроелектричної установки	52
3.5 Структура гібридної енергосистеми	58
3.6 Вплив синергетичного ефекту	59
3.7 Розрахунок та вибір обладнання.....	60
3.8 Розрахунок забезпечення житлового будинку електроенергією	63
3.9 Висновки до розділу	67

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	68
4.1 Захист персоналу у діючих електроустановках	68
4.2 Розрахунок блискавкозахисту об'єкта.....	70
4.3 Висновки до розділу	74
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	75
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	76

ВСТУП

Актуальність теми. Відповідно до Енергетичної стратегії України на період до 2030 року [1] одним з пріоритетів названо розвиток автономних систем генерації (АСГ) на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

З впровадженням вітроенергетичних і фотоелектричних установок, в АСГ проблема надійності використовуваного обладнання і всього енергокомплексу (ЕК) стає однією з головних. Необхідно розвивати і вдосконалювати методи аналізу та розрахунку надійності, які дозволять на етапі проектування врахувати можливі характеристики відновлюваної енергетики, показники надійності та практику експлуатації наявного обладнання. А це, в свою чергу, дозволить провести розрахунок надійності установок, здійснити порівняльний аналіз варіантів схем АСГ на основі ВДЕ та виконати обґрунтування вибору оптимального варіанту.

Розробка системи автономного електропостачання з підвищеною надійністю функціонування має велике значення для забезпечення безперебійного електроживлення житлових споруд, які відносяться до електроприймачів третьої категорії. Електропостачання зазначених об'єктів може здійснюватися від одного джерела живлення за умови, що перерва електропостачання, необхідна для ремонту або заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, не перевищує однієї доби.

Більшість робіт, розглянутих в Аналітичному розділі кваліфікаційної роботи, присвячено оцінці надійності систем генерації, які базуються тільки на вітровій або сонячній енергії, натомість мало робіт висвітлює оцінку надійності систем генерації на традиційних джерела енергії, зокрема дизельні генератори (ДГ), а також пристрої накопичення енергії (акумуляторні батареї), які працюють спільно з ВДЕ.

У зв'язку з цим є актуальним питання вдосконалення методів оцінки надійності енергокомплексів, що містять вітроенергетичні і/або фотоелектричні, дизель-генераторні установки і пристрої акумуляування енергії.

Врахування надійності дозволяє оцінити вплив аварійних відмов і складу обладнання на величину вироблення електроенергії АСТ, а також визначити техніко-економічні показники з урахуванням надійності.

Мета і завдання досліджень. Метою кваліфікаційної роботи є розвиток технічних засобів і методів оцінки надійності автономних систем генерації на основі відновлювальних джерел енергії, які дозволяють враховувати надійність використовуваного обладнання та зміни кліматичних умов.

Для досягнення мети поставлені та вирішені такі завдання:

- проведено порівняльний аналіз існуючих автономних систем генерації електричної енергії, вказано на їх переваги та недоліки;
- розроблено схеми електропостачання житлового будинку від дизельних електростанцій напругою 220 В і напругою 380 В;
- проведено аналіз вітроенергетичного потенціалу України з метою вибору типу вітроенергетичної установки;
- розроблено структури вітроенергетичної і фотоелектричної установок та схеми електропостачання на їх базі;
- проведено розрахунок та визначено навантаження системи автономного електропостачання;
- розроблено структурну схему гібридної системи автономного електропостачання житлового будинку;
- виконано вибір обладнання та проведено розрахунок забезпечення житлового будинку електроенергією.

Об'єктом дослідження є автономна система електропостачання, що містить вітроенергетичну установку і фотоелектричні перетворювачі, дизельний генератор і акумуляторні батареї.

Предметом дослідження є надійність функціонування автономної системи електропостачання на основі відновлюваних джерел енергії.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у запропонованому підході до впровадження моделі надійності гібридної системи автономного електропостачання, яка складається з вітрогенераторної установки, фотоелектричних панелей і дизельгенераторної установки, що дозволяє врахувати відмови генеруючих елементів системи, погодні умови та оцінити недовідпущення електроенергії споживачам.

Практичне значення одержаних результатів роботи. Практична значимість результатів, отриманих в кваліфікаційній роботі, роботи полягає в можливості оцінки надійності і економічної ефективності гібридних автономних систем електропостачання різних конфігурацій і складів, які використовують відновлювальні джерела енергії, та прийнятті оптимального технічного рішення ще на стадії проектних робіт.

Результати досліджень, що містяться в кваліфікаційній роботі, можуть бути впроваджені в навчальний процес кафедри електротехніки, електромеханіки і електротехнологій ЗВО "ПДУ".

Апробація результатів магістерської роботи.

Результати досліджень за темою магістерської роботи були представлені на IV Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Ефективне використання енергії: стан і перспективи», 09 листопада 2024 року. м. Кам'янець – Подільський.

Публікації.

За результатами виконаних досліджень опубліковано 1 тезу доповідей «Технологічна радіомережа обміну даними для управління телемеханікою в силовій енергетиці». IV Всеукраїнська студентська науково-практична конференція «Ефективне використання енергії: стан і перспективи» (09 листопада 2024 року) / Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». Кам'янець – Подільський. 2024.

Структура роботи.

Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань (45 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини: 79 сторінок, 15 таблиць, 33 рисунки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі приведені результати теоретичних досліджень та вирішена науково-технічна задача, що полягає в розробці гібридної системи електропостачання із забезпеченням високої надійності функціонування. На базі отриманих результатів та розробок зроблено наступні висновки:

1. Проведено порівняльний аналіз існуючих гібридних системи електропостачання житлових будинків, вказано на їх переваги та недоліки.
2. Виконано розробку варіантів електропостачання житлового будинку.
3. Розглянуто системи електропостачання на базі дизельелектричної установки, мікро-ГЕС різної потужності, вітроелектричної установки, проведено розрахунок їх економічної ефективності та доцільності застосування.
4. Проведено розрахунок акумуляторних батарей, сонячних панелей та вітрогенератора для автономної системи електропостачання, визначено їх тип, підібрано технічні характеристики та необхідну кількість до встановлення.
5. Розроблено систему електропостачання на базі фотоелектричної установки з вибором обладнання та комплектуючих елементів.
6. Розроблено структура гібридної енергосистеми, проведено розрахунок та вибір обладнання для її повноцінного функціонування з врахуванням впливу синергетичного ефекту.
7. Обрано схему внутрішнього електропостачання, вибрано обладнання та кабелі для електромережі житлового будинку.
8. Проведено розрахунок забезпечення житлового будинку електричною енергією та витрат на автономне енергозабезпечення будинку.
9. Розроблено і запропоновано заходи щодо охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях при реалізації проекту на базі виконаної роботи.

Засвідчую, що у цій кваліфікаційній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач вищої освіти _____ *Олександр ГОМЕНЮК*

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. Розпорядження Кабінету Міністрів України 24 липня 2013 року N 1071.
2. Кара-Мурза С.Г. Наукова картина світу, економіка та екологія. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: http://www.hrono.ru/libris/lib_k/eccec7.html.
3. Перспективи розвитку світової електроенергетики до 2035 року // Електроенергія, передача і розподіл. – 2011, № 2, С.103.
4. Tugcu C., Ozturk I., Alper A. Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth relationship revisited: Evidence from G7 countries. Energy Economics, Volume 34. Issue 6. November 2012. p. 1942.
5. United Nations Environment Programmed. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: <http://www.ecolife.ua/infos>.
6. Інвестиції у відновлювальні джерела енергії досягли рекорду. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: <https://solar.kiev.ua/gotovie-sistemy>.
7. BNEF. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: <http://aenergy.ua>.
8. Титко Р. Відновлювальні джерела енергії (досвід Польщі для України) / Р. Титко, В. Калініченко. – Варшава – Краків – Полтава: OWG, 2010. – 533 с.
9. Нікульшин В.Р. Використання відновлювальних джерел енергії: навч. посіб. / В.Р. Нікульшин, В.В. Височин. – Одеса: Наука і техніка, 2006. – 244 с.
10. Лукутін Б.В. Відновлювальні джерела енергії. Електронний навчальний посібник. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: <https://solar.kiev.ua/goto-vie-sistemy>.
11. Роза А. Відновлювані джерела енергії. Фізико-технічні засади. – Чернівці.: Meridian Czernowitz, 2010. -704 с.
12. Кудря С.О. Основи конструювання енергоустановок з відновлювальними джерелами енергії / С.О. Кудря, В.М. Головка. – К.: НТУ “КПІ”, 2009. – 201 с.

13. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. - Тернопіль : Підручники і посібники, 2001. - 984с.

14. Харитонов В.П. Автономні вітроелектричні установки / В.П. Харитонов. – Київ: Рабулум, 2006. – 280 с.

15. Методика складання структури балансу електроенергії в електричних мережах 0,38 – 150 кВ, аналізу його складових і нормування технологічних втрат електроенергії. (ГНД 34. 09. 104 – 2003). – К. : Міністерство палива та енергетики України, 2004. – 115 с.

16. Мокін Б.І. Математична модель пристрою керування електричною вітроенергетичною установкою з вертикальною віссю обертання / Б.І. Мокін, О.Б. Мокін, О.А. Жуков // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – № 3. – С. 48-54.

17. Бурбело М. Й. Стимулювання зменшення втрат в електричних мережах : монографія / М. Й. Бурбело, Л. М. Мельничук. – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008. – 110 с.

18. Вільна енциклопедія. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: <http://wikipedia.org>.

19. Гідрохімічний довідник: Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу / В.І. Осадчий та ін. – К. : Видавництво «НікаЦентр», 2008. – 656 с.

20. Малі річки України: Довідник / А.В Яцик, Л.Б. Бишовець та ін. За ред. А.В. Яцика. – К. : Урожай, 1991. – 296 с.

21. Водний кодекс України / Відомості Верховної Ради (ВВР). – 1995. – № 24. – С. 189.

22. Бурбело М. Й. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с.

23. ДБН В.2.4-3:2010. Гідротехнічні споруди. Основні положення. – К. : Мінрегіонбуд України. 2010.

24. Векслер А.Б. Надійність, соціальна та екологічна безпека гідротехнічних об'єктів: оцінка ризику та прийняття рішень /А.Б. Векслер, Д.А. Іваши- нців, Д.В. Стефанишин. – Львів : Terra Incognita», 2002. – 592 с.

25. Кузьо І.В. Корендій В.М. Обґрунтування розвитку вітроенергетичних установок малої та над малої потужності // Національний університет "Львівська політехніка", 2010. – С. 61 – 68.

26. Про вплив зміни методик спостережень на визначення швидкості вітру на метеорологічній мережі України. Праці УкрНІГМІ, 2004, вип. 253, с. 164-172.

27. Шевченко В.В. Вихідні положення для побудови моделі вітроенергетичної установки при вирішенні проблем промислової енергетики / В.В. Шевченко, Л.Н. Омельченко, И.Я. Лизан // Наукові праці ДонНТУ, серія «Обчислювальна техніка та автоматизація», вип. 19 (171). – Донецьк, 2010. – С. 65 – 69

28. Правила улаштування електроустановок. – Харків: «Форт», 2009. 770 с.

29. Сонячна енергетика: огляд галузі: [Електронний ресурс] / за матеріалами компанії Nitol Solar Limited. – Режим доступу World Wide Web: <http://nitalsolar.com/rusolarenergy/>

30. Фаренбрух А. Сонячні елементи: теорія та експеримент: [Пер. с англ. И.П. Гавриловою и А.С. Даревскою; під ред. М.М. Колтуна] / А. Фаренбрух, Р. Бьюб . – Київ: ArtH uss, 2007. –280с.

31. Сафонов В.А. Розробка комбінованої сонячної установки для автономного споживача / В.А.Сафонов, В.В.Кувшинов // Відновлювана енергетика. – №4(23). –2010. – с.61-69.

32. Скільки електрики можна отримати з однієї сонячної батареї? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://solareview.blogspot.com/2011/03/blog-post_23.html.

33.Волох П.В., Цоколенко М.П., Ревенко Л.В., Грічаненко В.А. та ін. Довідникова книга з електроенергетики : Навчальний посібник – К.: Аграрна освіта, 2014. – 506 с.

34. Держенергоефективності України [Електронний ресурс]– Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk/ae/hydroenergy/>
35. Ціна на дизпальне у крупному опті. [Електронний ресурс]– Режим доступу: <https://landlord.ua/news/tsina-na-dyzpalne>
36. Шембель О. М., Білогуров В. А. Основні характеристики сучасних хімічних джерел струму різних електрохімічних систем // Сучасна спеціальна техніка. Науково-практичний журнал. — № 2(17), 2009. (с.:66-86)
37. Основи будови та експлуатації акумуляторних батарей : навч. посіб. / М. Б. Шелест, П. І. Гайда ; М-во освіти і науки України, Сум. держ. ун-т. — Суми: Сум. держ. ун-т, 2014. — 210 с. : іл. — Бібліогр.: с. 183
38. Сумарне випромінювання // Словник – довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. — Херсон : ПП Вишемирський В.С., 2013. — С. 170-171
39. Цикин В. А. Брижаний А. В. Синергетика та освіта: нові підходи. — Суми: СумДПУ, 2005. — 276 с.
40. Лут М.Т. Охорона праці в галузі. Методичні вказівки щодо виконання розділу у дипломних проектах студентів зі спеціальності 7.091901 «Енергетика сільськогосподарського виробництва». К.:НАУ,2000.-136с.
41. Основи охорони праці: підручник для студентів вищих навчальних закладів // За ред. д.т.н., проф. М.П. Гандзюка - К.: Каравела, 2003. - 408 с
42. Лапін В.М., Безпека життєдіяльності людини, - Львів: ЛБК НБУ; Київ: Знання, 2000.-188 с.
43. Методичні рекомендації щодо виконання та оформлення кваліфікаційної роботи магістра / Т.Д.Гуцол, Л.М.Михайлова, І.Д.Гарасимчук, В.М.Дубік, О.В.Ткач, П.В.Потапський. (За загальною редакцією Михайлової Л. М.) – ПДАТУ, 2019. – 30 с.
44. Закон України “Про захист людини від надзвичайних ситуацій техногенного та природного походження”, ВРУ, № 1809 – 111. – К., 2000.
45. Система дистанційного навчання Moodle 2.7. – «ЗВО «ПДУ»». Режим доступу: <http://pdatu.net.ua/>.– Назва з екрана.